水稻精準農業體系
由葉綠素測計估測和追蹤稻株之葉綠素及氮素狀態
89-96, 2003


# 由葉綠素測計估測和追蹤稻株之葉綠素及氮素狀態

楊純明
行政院農委會農業試驗所農藝組
E-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw

摘要 ---------------------------------------------------------------------------------- 90
一、前言 ------------------------------------------------------------------------------- 90
二、方法簡述 ---------------------------------------------------------------------------- 91
三、結果與討論 -------------------------------------------------------------------------- 91
四、結語 ------------------------------------------------------------------------------- 93
五、誌謝 ------------------------------------------------------------------------------- 94
六、引用文獻 ---------------------------------------------------------------------------- 94
ABSTRACT ----------------------------------------------------------------------------- 95

# 由葉綠素測計估測和追蹤稻株之葉綠素及氮素狀態

楊純明
行政院農委會農業試驗所農藝組
E-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw

## 摘要

本研究調查2000年二期稻作至2002年一期稻作(計二年四期作)之水稻生育期間稻株葉片葉綠素及氮素含量，配合以葉綠素計讀值的量測，試以建立葉綠素計讀值與葉綠素及氮素之關係式，利用於估測和追蹤稻株之葉綠素及氮素狀態。試驗發現以不等量氮肥的施用將影響稻株之葉片之葉綠素總量及氮素含量，但是在相同等級下葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素計讀值均隨著稻株生育而呈現下降趨勢。稻株葉片之氮素含量與葉綠素總量可以直線正相關表示，一、二期稻作皆然，且兩期稻作資料可以合併分析，兩變數之間仍爲顯著直線正相關。試驗分析亦顯示，稻株葉片之葉綠素總量與葉綠素計讀值之關係可適用於直線相關，一、二期稻作之決定係數($R^2$)分別爲 0.758 及 0.862，其合併分析亦爲顯著直線正相關。在葉片氮素含量與葉綠素計讀值的關係上，無論期作均爲顯著直線正相關，一、二期稻作之決定係數分別爲 0.574 及 0.439，合併分析產生兩期稻作共用的迴歸方程式 $R^2$ 爲 0.411($P<0.0001$)。根據試驗結果，本研究採用的水稻品種臺農 67 號，建議可以利用葉綠素計讀值估測和追蹤稻株葉片之葉綠素與氮素狀態。

**關鍵詞：** 水稻、葉綠素測計、葉綠素總量、氮素含量。

## 一、前言

水稻的生產同時受到遺傳組成及環境因素影響，在環境因子當中，農民主觀的栽培管理和肥料使用上的認知，相當程度的決定產量與品質。在生產過程所施用的肥料元素中，氮素是影響水稻生產的要素之一，其對水稻增產的效應超過其他營養元素的增補作用。欲獲得令人滿意的生產質量，必需多管齊下同時控制氮素肥料的適當施用時期、施用量與施用方法。

氮素肥料管理的重要性，牽涉到水稻的複雜生產環境，使其不易獲得預期的管理效果。雖然氮素的供給可以分別取自土壤、空氣及肥料等不同來源，然而在大多數情況下仍以外添氮肥爲主，而施加入土壤中的氮素因稻株生育的吸收利用及各種因素流失，因此需要視狀況定期或不定期的添補氮肥來供應稻株生育需求。所以，如何依照稻株的生育情形，予以適時適量適法的施用氮素肥料，乃稻田氮肥管理的首要課題。

又氮素是植物光合作用工廠葉綠體(素)的構成元素之一，水稻植體氮素狀態與葉綠素

含量的關係十分密切，於是以葉綠素含量來推估氮素狀態符合理論邏輯。依據李等(2002)試驗結果顯示，施用氮肥將促進稻株之氮素、葉綠素及生長性狀，改變植被反射光譜曲線變化，而稻株葉片氮素含量與葉片或地上部植體葉綠素總量均具有顯著正相關。據此，實際證明了能夠藉由葉綠素與氮素之關係推估稻株葉片之氮素狀態。

量測作物植體葉綠素的方法有許多種，其中利用葉綠素測計(chlorophyll meter )讀取測值，再經預建檢量線估算出葉綠素含量，是一種便捷而快速的量測方式(Peng *et al*., 1995, 1996; Piekielek and Fox, 1992; Piekielek *et al*, 1995; Schepers *et al*, 1992)。此一物理性方法操作簡易，關鍵點在於建立正確而完整的測計讀值與實測葉綠素值的檢量線，使其容納廣泛的讀值變異而適用於不同年份及期作。本研究即由水稻生育期間葉片之葉綠素與氮素含量的調查資料，配合相對應葉綠素測計的讀值，評估利用葉綠素計讀值估測不同期作葉綠素及氮素狀態的適用性。

## 二、方法簡述

本研究田間試驗期間包括 2000 年、2001 年之二期稻作及 2001 年、2002 年之一期稻作，計有二年四期作，參試水稻(*Oryza sativa* L.)品種爲臺農 67 號(TNG 67)，試區位於臺中縣霧峰鄉行政院農業委員會農業試驗所農場，行株距 0.3 m×0.18m。田區土壤質地爲酸性壤土，酸鹼值 5.2，有機質 1.22%。藉由 0、30、60、90、120 及 150 kg N $ha^{-1}$ 等六不同等級氮肥的施用，產生不同的稻株生長及植體葉綠素、氮素含量。氮肥用量均分三次施用，第一次以臺肥 39 號複合肥料 (N:P:K =12%:18%:12%，臺灣肥料公司，高雄市)爲基肥，於插秧後一週內施用；第二次以硫銨爲追肥，於插秧後 3 週(二期作)或 4 週(一期作)實施；第三次仍以硫銨爲穗肥，在抽穗前 1-2 週施用。另依照農委會出版之植護保護手冊推薦操作病蟲害的防治及雜草的防除，試求降低其等對氮肥處理之影響。

水稻生育期間定期(每隔 1-2 週)以葉綠素測計(chlorophyll meter, SPAD-502, Minolta Co. Ltd., Japan)量取稻株葉片讀值，每叢量測最上位完全展開葉片中間段上、下表面各一次，取平均值。每一次每處理小區調查 6 叢，以 6 叢均值爲代表值。完成測計讀值後，將稻株割取爲樣本，分別依照部位(葉片、莖稈、穗)歸類，以化學分析測定葉片之葉綠素總量及葉片氮素含量。由於試驗採用不同等級氮肥施用量，且包括兩年四期作資料，預料將可提高葉綠素總量及氮素含量差距，使得試驗結果容納廣泛的變異。簡言之，葉綠素測計的讀值可視爲葉片的綠度，或稱葉綠素的相對含量(Inada, 1963, 1985; Kariya *et al*., 1982)。本研究將測計讀值與葉片的化學分析實測值建立相關，以得到本試驗之迴歸方程式(又稱檢量線，calibration curve)。

葉綠素與氮素之化學分析方法修正自 Arnon (1949)，如李等(2002)及 Yang and Lee(2001)。取每處理小區 6 重覆樣本測值之均值爲該處理小區之代表值，比對葉綠素測計之讀值代表值，進行統計分析。本項試驗資料之統計分析，除了兩變數之相關分析之外，爲了合併一、二期稻作資料，以提高迴歸方程式之適用性，乃利用 SAS 8.2(SAS Institute, 2001)進行兩期稻作間的虛擬變數檢定(dummy variable test)，檢定結果不顯著以後再合併予迴歸分析。

## 三、結果與討論

本研究計調查與追蹤了兩年四期稻作生

育期間稻株葉片之葉綠素總量、氮素含量及葉綠素計讀值，發現在所有等級氮肥施用量下，稻株葉片之葉綠素總量、氮素含量或葉綠素測計讀值均隨著稻株生育而呈現下降趨勢(資料未列出)。顯然就單位重量而言，葉綠素及氮素含量在生育前期高於後期，而葉綠素計讀值則隨著此二項成分變化而異，這樣的趨勢在 0-150 kg $ha^{-1}$ 的氮肥施用量範圍不受氮肥施用量的影響。

經由分析稻株葉片之氮素含量及葉綠素總量，發現一、二期稻作皆可以直線正相關 ($R_{1st\ crop}^2$=0.794, P<0.0001; $R_{2nd\ crop}^2$=0.400, P<0.0001)表示(圖 1)，即當氮素含量上升時，葉綠素總量隨著增加，兩期稻作資料合併分析結果亦顯示爲顯著直線正相關($R^2$=0.615, P<0.0001)，惟未成 1:1 比例改變。因此，可利用此一迴歸方程式於一、二期稻作期間，相互推估葉綠素總量及氮素含量。

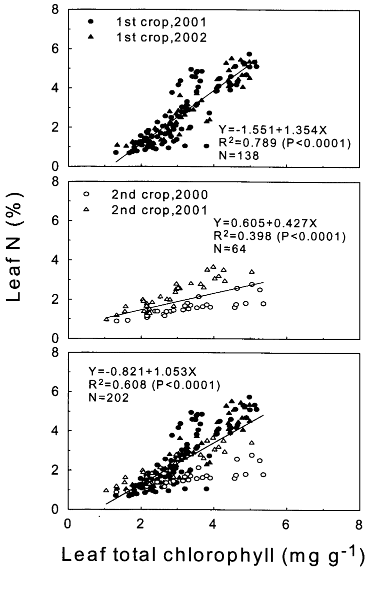


Figure 1. Relationships between leaf nitrogen content and leaf total chlorophyll for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop in 2000 till the 1st crop in 2002. (from 楊，2003)

試驗亦顯示，稻株葉片之葉綠素總量與葉綠素計讀值之關係可適用於直線相關，一、二期稻作之決定係數($R^2$)分別爲 0.758(P<0.0001)及 0.862(P<0.0001)(圖 2)，兩期稻作合併資料的分析結果也爲顯著直線正相關($R^2$=0.784, P<0.0001)。以此迴歸線當做檢量線，即可由葉綠素計讀值估測稻株葉片之葉綠素總量。

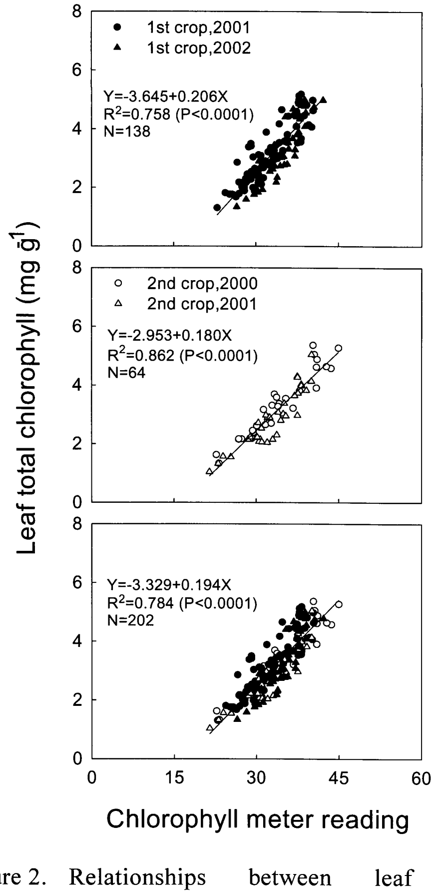


Figure 2. Relationships between leaf total chlorophyll and values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop in 2000 till the 1st crop in 2002. (from 楊，2003)

在獲得前述二項結果後，再將葉片氮素含量與葉綠素計讀值進行相關分析，其結果仍爲直線正相關(圖 3)，一、二期稻作之決定係數

分別爲 0.562 及 0.435，兩期稻作合併分析的直線相關也達顯著($R^2$=0.399, P<0.0001)。據此，葉綠素測計讀值可利用此迴歸方程式推估稻株葉片之氮素含量。

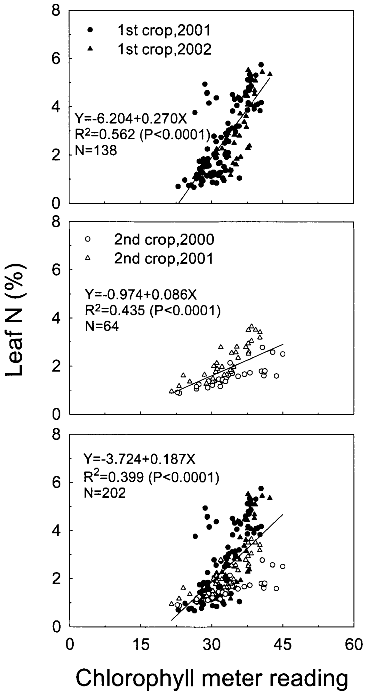


Figure 3. Relationships between leaf nitrogen content and values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. Tainung 67) grown from the 2nd crop in 2000 till the 1st crop in 2002. (from 楊，2003)

## 四、結語

綜合本研究結果，稻株之單位重量葉片氮素含量與葉綠素總量具有顯著直線相關，且葉綠素計讀值與葉綠素總量也爲直線相關，使得葉片氮素含量與葉綠素計讀值之相關顯著。所以，在水稻的生育過程中即可以採用本研究獲得之迴歸模式(檢量線)，估測不同期作葉綠素及氮素狀態。若欲提高估測準確度，可再將之依不同生育階段進行分析，建立各特定生育階段適用的迴歸模式，預料當可以提高變數之間的相關性。如圖 4 所示。當只比較抽穗前的營養生長期資料，將提高葉綠素測計的估測準確度。值得注意的是，由於葉片厚度或葉片比重(specific leaf weight)因葉齡而異(Peng *et al.*, 1996)，本研究之葉綠素計讀值與葉片氮素(重量爲基礎)之關係可能會隨著生育期及品種(系)改變(Turner and Jund, 1994)。倘本研究所建立的關係在不同品種表現不一致時，則需要針對各品種建立特定的迴歸模式。而資料相容性高的品種，在考量廣適性的前提下，可以合併分析建立共用模式。

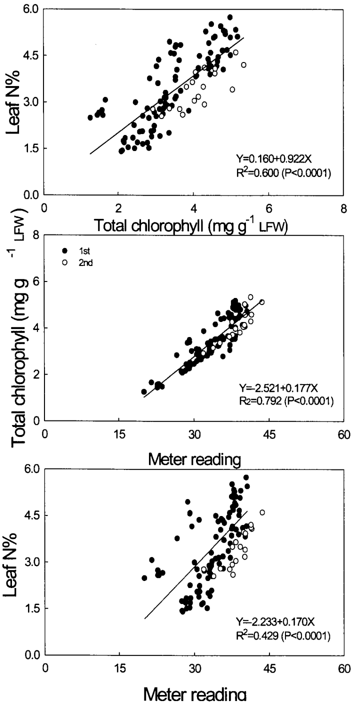


Figure 4. Relationships between leaf nitrogen content and leaf total chlorophyll, leaf total chlorophyll and values of chlorophyll meter, and leaf nitrogen content and values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv.

Tainung 67) grown in the vegetative phase in the 2nd crop of 2001 and the 1st crops of 2001 and 2002

又本研究再次證明葉綠素測計的使用方法確實簡便易行，可立即而快速的獲得非破壞性的測値，取得大量且準確的測點數據，係為獲取田區大量非破壞性作物葉綠素狀態資料的理想工具。此一功能在氮肥管理上具有應用意義，通常農作物植體氮素含量介於 1-5%(重量百分比)，然隨著生育階段及生長情形而變動(Tisdale *et al.*, 1993)。當植體氮素缺乏時，葉片顏色將轉成較淡的綠色或黃綠色，葉尖甚或開始枯黃。因此可藉由葉綠素濃度的改變造成的綠色程度變化，量測綠度(綠色強度，green color intensity)估出葉綠素，再換算出氮素狀態。惟在實務藉以從事氮肥管理之前，尚需釐清植體氮素含量與氮肥施用量之間的關係，此一關係或因不同生育而異，也受到土壤性質及氣象環境影響。

## 五、誌謝

本文研究承蒙行政院農委會農業試驗所試驗(91 農科-5.1.3-農-C2)及行政院國科會(NSC 91-2313-B-055-006)研究經費支持，特以致謝。

## 六、引用文獻

李裕娟、楊純明、張愛華。2002。施用氮肥對水稻植株氮素、葉綠素及植被反射光譜之影響。中華農業研究 51:1-14。

楊純明。2003。利用葉綠素計估測水稻植株葉綠素及氮素. 中華農業研究 52(2) (印出中) 。

Minolta Co. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502 Instruction Manual. Minolta Co., Ltd., Japan.

Peng, S., R.C. Laza, F.V. Garcia and K.G. Cassman. 1995. Chlorophyll meter estimates leaf-based nitrogen concentration of rice. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 26:927-935.

Peng, S., F. V. Garcia, R. C. Laza, A. L. Sanico, R. M. Visperas and K. G. Cassman. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. Field Crops Res. 47:243-252.

Piekielek, W.P. and R.H. Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress N requirements for maize. Agron. J. 84:59-65.

Piekielek, W.P., R.H. Fox, J.D. Toth and K.E. Macneal. 1995. Use of chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agron. J. 87:403-408.

SAS Institute. 2001. SAS user's guide. V.8.2. SAS Inst., Cary, NC, USA.

Schepers, J.S., D.D. Francis, M. Vigil and F. E. Below. 1992. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23(17-20):2173-2187.

Turner, F. T. and M. F. Jund. 1994. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter method. Aust. J. Exp. Agric. 34:1001-1005.

Yang, C.-M. and Y.-J. Lee. 2001. Seasonal changes of chlorophyll content in field-grown rice crop and their relationships with growth. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(B) 25:233-238.

# Using Chlorophyll Meter to Estimate and Monitoring Leaf Chlorophyll and Nitrogen Status in Rice Plants[1]

Chwen-Ming Yang
Division of Agronomy, Agricultural Research Institute, COA, Taichung, Taiwan, ROC
E-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw

## ABSTRACT

Field experiments were conducted at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm, Wufeng to investigate changes of leaf total chlorophyll and nitrogen content as well as values of chlorophyll meter for rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG 67) grown from the 2$^{nd}$ crop of 2000 to the 2$^{nd}$ crop of 2002. Results showed that leaf total chlorophyll and nitrogen content were decreased after transplanting in both cropping seasons, and values of chlorophyll meter followed the trend as these two components. Similar patterns were found between different amounts of nitrogen fertilizer treatments. Relationship between leaf total chlorophyll and nitrogen was significant linearly, in either crops as well as in pooled data from both crops. The values of chlorophyll meter and leaf total chlorophyll were linearly correlated in both the first and the second crops, and also in pooled data from both crops. Accordingly, relationship between leaf nitrogen content and chlorophyll meter readings was analyzed and was shown a significant linear relationship in both cropping seasons. The pooled data from two crops were also fitted to a linear regression model. Results suggest that leaf chlorophyll and nitrogen content can be estimated and monitored by chlorophyll meter in rice cultivar TNG 67.

**Key words:** Rice, Chlorophyll meter, Total chlorophyll, Nitrogen content.